

Universidad Nacional Agraria La Molina

Instrumental de presión atmosférica

Fernando Jonathan Pastor Dale
Ingeniero Meteorólogo



Objetivos

1. Conocimiento básico de las características del instrumental de presión atmosférica.
2. Realizar lecturas del microbarógrafo y reconocer las cartas de presión (barogramas).
3. Reducir la presión de una estación a nivel del mar.



Glosario

Presión atmosférica: Es el peso de una columna de atmósfera por unidad de área.

1 atmósfera = 1.013,2 milibares = 760 milímetros de mercurio

Barómetro: Instrumento para medir la presión atmosférica.



Principio físico del barómetro mercurial

https://www.youtube.com/watch?v=EkDhlzA-lwI&ab_channel=TED-Ed

BAROMETRO DE MERCURIO

VACIO

Cubeta con mercurio



Formaciones isobáricas

Cuando analizamos las isobaras debemos tener en cu

 Las formaciones isobáricas:

- Los anticiclones o altas presiones
- Las depresiones o bajas presiones
- Las cuñas
- Las vaguadas
- Collado

 El gradiente de presión:

- Gradiente fuerte
- Gradiente débil



Instrumentos de lectura directa de presión atmosférica



Instrumentos de lectura directa de presión atmosférica

Barómetro mercurial

Se basa en el experimento de Torricelli

Barómetro Aneroide

Mide la presión atmosférica.

Barómetro Patrón

Se usa en los laboratorios para calibrar los barómetros de estación.

Barómetro Fortín

Escala de 560 a 1040 hPa. Resiste entre -15 y 50°C y la precisión es de +- 0.3 hPa.



Barómetro Patrón

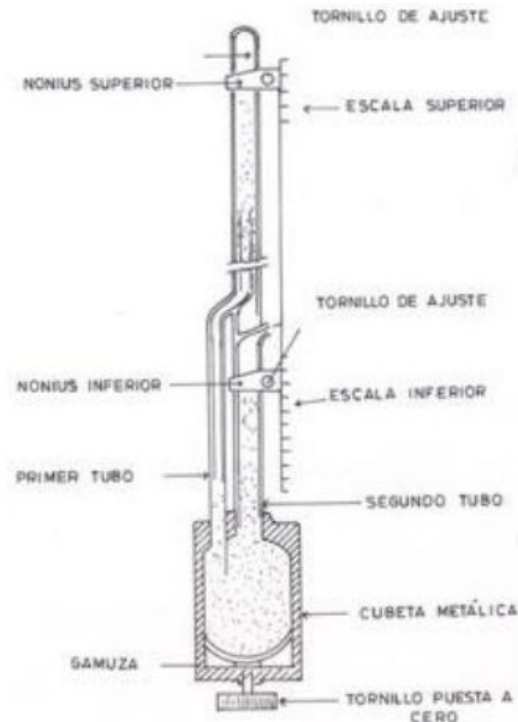


Figura 3.2: Barómetro Patrón

a.1) Barómetro Patrón

Se usa generalmente en los laboratorios para calibrar los barómetros de estación, sin embargo puede estar en funcionamiento en una estación meteorológica. Este instrumento consta de las siguientes partes (Figura 3.1):

- Cubeta metálica.
- Tubos (dos) de metal con mercurio.
- Camisa metálica de protección.
- Nonius
- Tornillo de ajuste
- Termómetro
- Escalas en milímetros de mercurio (mmHg)



Barómetro Fortín

a.2) Barómetro Fortín (de cubeta móvil y cero fijo).

Descripción: Consta de un tubo de cristal lleno de mercurio con un extremo abierto que va sumergido en una cubeta situada bajo el tubo graduado. Lleva un termómetro adjunto para medir la temperatura del mercurio. Está construido de manera que se conoce la relación entre las secciones del tubo y la cubeta. La escala se hace de tal manera que las subidas del mercurio en el tubo estén compensadas por las bajadas del mercurio en la cubeta. Dispone de un medidor que puede deslizarse a lo largo del tubo graduado por medio de un sistema de engranaje y piñó (vernier). La escala tiene una amplitud desde 560 Hpa a 1040 Hpa. Resiste temperaturas entre -15 y 50ºC y la precisión es de +- 0,3 Hpa. Debe contrastarse con un barómetro patrón.

Instalación y medición: Se coloca en el interior de la estación meteorológica, ya que no puede estar expuesto al sol, ni a la corriente de aire. Deben colocarse sobre paredes por las que no pasen cañerías y debe estar a una altura en la que sea fácil medir y completamente vertical. Para medir la presión el primer paso es llevar el mercurio de la cubeta, mediante un tornillo, hasta el extremo de un índice de marfil (es el 0 de la escala).Este procedimiento se llama enrase. Luego se debe ajustar el vernier de manera que apenas toque el menisco que forma el mercurio. Paralelamente se debe medir la temperatura del termómetro adjunto. Todo esto debe realizarse rápidamente para que el calor de nuestro cuerpo no incida en la medición. Una vez leído el dato de presión se deben hacer algunas correcciones: Por temperatura, ya que la altura del mercurio varía con la temperatura, y por gravedad (reducir a 45º de latitud y 0 metros).



Figura 3.3: *Barómetro Fortín*



Barómetro Aneroide

b) Barómetro Aneroide

Descripción: Instrumento utilizado para medir la presión atmosférica, el principio físico de los barómetros aneroides se basa en la deformación que la presión atmosférica produce en una cápsula metálica (cobre) ondulada, elástica y cerrada al vacío absoluto (cápsula de Vidi). A fin de que la temperatura del aire que contiene no influya en las indicaciones del aparato. El hecho de que la superficie de la cápsula sea ondulada se debe a que de esta manera aumenta la superficie sin afectar su resistencia. En el interior de la cara ondulada de la cápsula, y para evitar que se aplaste con la presión del aire, se coloca un resorte. Una aguja indicadora señala la presión en un círculo graduado. Debido a la inercia que este instrumento tiene debido a su elasticidad, conviene golpearlo suavemente con los dedos antes de realizar la lectura. De esta manera la aguja se pone en su punto.

Instalación: Se coloca en el interior de la estación meteorológica

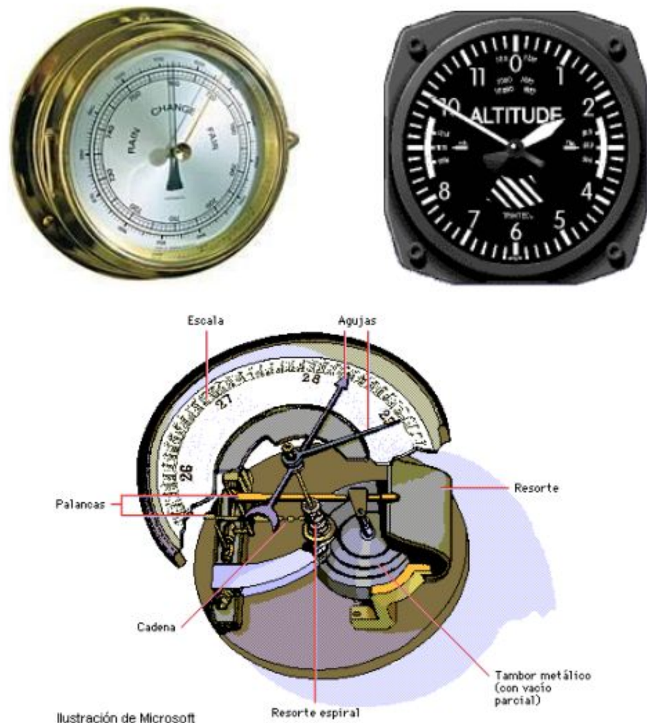


Figura 3.4: Barómetro Aneroide



Barómetro Aneroide

Descripción:

Consiste esencialmente en una cápsula aneroide herméticamente cerrada en la cual se ha extraído el aire (a veces también se le inyecta una pequeña cantidad de un gas inerte) (Fig. 9-a). Las variaciones atmosféricas hacen que las cápsulas aneroides se dilaten o se contraigan; al aumentar la presión la cápsula tiende a juntarse mientras que al disminuir se separan por expansión. Estas pequeñas deformaciones que sufre la cápsula aneroide son amplificadas y transmitidas mediante un sistemas de ejes y palancas (Fig. 9-b) a una aguja (Fig. 9-c) colocada en una escala graduada (Fig. 9-d), dándonos así una medida de la presión y sus variaciones.

Todo el conjunto se encuentra ubicado en el interior de una caja metálica o de madera para facilitar el transporte (Fig. 9-e) . El fundo de la escala, por lo general consiste de un espejo (Fig. 9-f), para facilitar la lectura.

Instalación

- Estos barómetros aneroides deben ser instalados en el interior de una habitación ventilada y seca, con buena iluminación natural, donde la temperatura se mantenga lo más uniforme posible.
- No debe permitirse la proximidad de fuentes de calor o frío que afecte al instrumento.
- Periódicamente realizar un contraste para verificar su estado de operatividad y si hubiese errores de más de 0.3 hPa se debe realizar la calibración con el tornillo de ajuste.

Lectura de los barómetros aneroides

- Un barómetro aneroide se leerá siempre en la misma posición (vertical u horizontal) en la que haya sido calibrado.
- Antes de proceder a la lectura realizar ligeros toques al instrumento, a fin de estabilizar la aguja indicadora.
- Transcribir la lectura del barómetro aneroide a la libreta de observaciones redondeando a **décimas de unidad.**

Instalación: Se coloca en el interior de la estación meteorológica



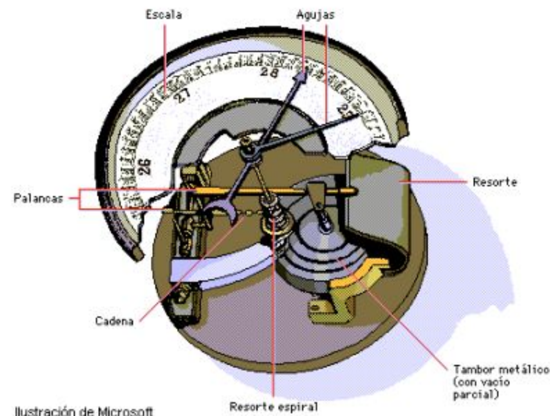


Ilustración de Microsoft

Figura 3.4: Barómetro Aneroide



Barómetro Aneroide





Instrumentos registradores de presión atmosférica



Barógrafo aneroide: Microbarógrafo

Barógrafo Aneroide: Microbarógrafo

Descripción: Este instrumento consiste en un grupo de varias cápsulas aneroides apiladas, cuya deformación debida a la presión atmosférica, se traslada a través de un mecanismo a un pluma. Esta pluma grafica sobre una faja la variación de la presión atmosférica. La faja se coloca sobre un cilindro que posee un sistema de relojería que gira a razón de una vuelta por día o una vuelta por semana de acuerdo a la información que se quiera obtener.

Instalación y medición: Debe instalarse a la sombra, sobre una repisa sin vibraciones. Para evitar la dilatación de las cápsulas por efecto de la temperatura, se utiliza un bimetálico, es decir dos metales cuyos coeficientes de dilatación se complementan de manera que la aguja quede en su lugar y no se vea afectada por los cambios de temperatura. También se coloca dentro de la cápsula un gas inerte que compensa esas variaciones



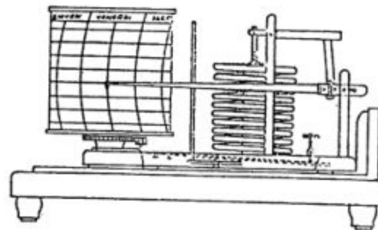




Figura 3.5: Barógrafos y Microbarógrafo



Barógrafo aneroide: Microbarógrafo

Microbarógrafo

Descripción:

Son instrumentos que proporcionan un registro continuo de la presión atmosférica. El elemento sensible esta constituido por una serie de cápsulas aneroides al vacío las mismas que se dilatan cuando la presión atmosférica disminuye y se contraen cuando la presión atmosférica aumenta (Fig. 11-a), el movimiento resultante de la deformación del conjunto de estas cápsulas es amplificada por un sistema de ejes y palancas (Fig. 11-b), el cual acciona al brazo porta plumilla (Fig. 11-c), que a su vez inscribe sobre una banda de registro (Microbarograma) (Fig. 11-d). Su regulación se lleva a cabo por medio del tornillo de ajuste (Fig. 11-e).

Las partes del microbarógrafo son:

a) Cilindro metálico donde se ubican las cápsulas aneroides
b) Sistema de ejes y palancas
c) Brazo porta plumilla
d) Banda de registro
e) Tornillo de ajuste

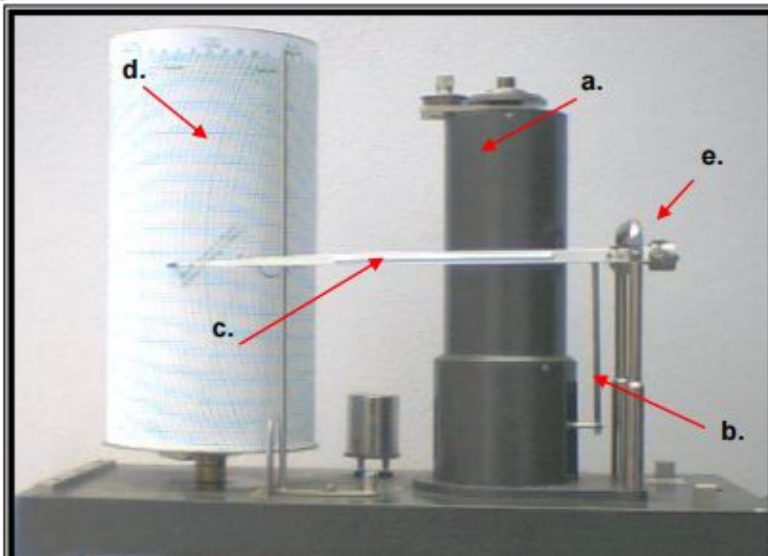


Fig. 11: Partes del Microbarógrafo



Barógrafo aneroide: Microbarógrafo

Instalación

- Las precauciones mencionadas para la ubicación de los barómetros aneroides y mercuriales sirven también para los Microbarógrafos.
- Se instala encima de una repisa adosada a una pared de material noble para evitar movimientos que puedan hacer vibrar la plumilla descartable, afectando el trazo continuo del registro (Fig. 12).



Fig. 12: Microbarógrafo

Microbarógrafo



Barógrafo aneroide: Microbarógrafo

Lectura de los Microbarógrafos

Antes de proceder a la lectura se deberá realizar ligeros toques al instrumento ó pulsar el botón para resetear y asegurarse que la plumilla marque la lectura correcta.

La variación diaria de la presión es bastante regular y presenta dos máximas y dos mínimas. La máximas a las 10 y 22 horas, la mínimas se presentan a las 16 y 04 horas.

La diferencia de máxima (10 horas) y la mínima (16 horas) se llama "amplitud diaria de la presión".

ESCALA BAROMÉTRICA SEGÚN LA ALTITUD

Altura (metros)	PRESION ATMIOSDERICA	
	Milibares	Milímetros
0	1,013.2	760
500	933.3	700
1,500	866.6	650
2,000	800.0	600
2,500	733.3	550
3,500	666.6	500
4,000	600.0	450
5,000	533.3	400
6,000	466.6	350



Barógrafo aneroide: Microbarógrafo





Corrección de la presión atmosférica

La longitud de la columna de mercurio de un barómetro depende, entre otros factores, de la temperatura y de la gravedad, además de la presión atmosférica. Para que las lecturas barométricas hechas en horas y lugares distintos sean comparables, es necesario reducirlas a condiciones normales.

Se consideran condiciones normales para la reducción de la presión la temperatura de 0º C, en la cual la densidad del mercurio es de 13,5951g/cm^3; y como valor normal de la aceleración de la gravedad el de 980,665 cm/s^2, valor al que tienen que referirse los datos barométricos, pero que no representa la gravedad a la latitud de 45º al nivel del mar.



Corrección de la presión atmosférica

Para reducir lecturas barométricas a las condiciones normales hay que aplicar las correcciones siguientes:

a) Corrección por temperatura

Las lecturas barométricas tienen que ser corregidas para poder obtener las que resultarían si el mercurio y la escala hubiesen estado a temperatura normal de 0° C.



Figura 3.6: Corrección por temperatura



Corrección de la presión atmosférica

b) Corrección instrumental

Los errores residuales en la graduación de la escala de un barómetro tienen que ser determinados por la comparación con un barómetro patrón. Estos errores pueden ser debidos a una fijación o división inexacta de la escala, a la capilaridad y a la imperfección del vacío en el tubo barométrico. Los certificados de comparación con el patrón tienen que mencionar las correcciones que hay que aplicar al error instrumental en cuatro puntos de la escala separados, como mínimo, por 50 hectopascales. En un buen barómetro, estas correcciones no deben exceder en algunas décimas de hectopascales. La corrección instrumental se certificará en el momento de suministro del aparato y podrá ser modificada posteriormente por comparación con un barómetro patrón.



Corrección de la presión atmosférica

c) Corrección por gravedad

Para que las lecturas barométricas hechas en estaciones diferentes sean comparables, hay que reducir todas las columnas barométricas a la altura que tendrían si la aceleración de la gravedad fuese la misma en todas ellas (980,665 cm/s2).Dado que la gravedad varía con la latitud, podemos decir que la fuerza de atracción gravitacional en el polo es diferente a la fuerza de gravedad en el ecuador, debido a la diferencia del radio polar y radio ecuatorial. De acuerdo a esto tenemos:

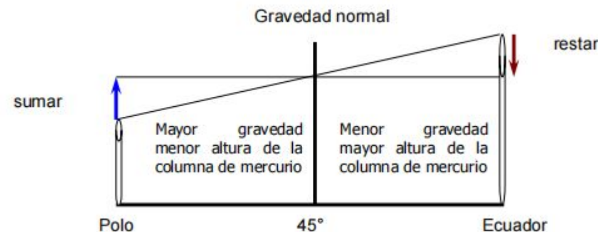


Figura 3.7: Corrección por gravedad

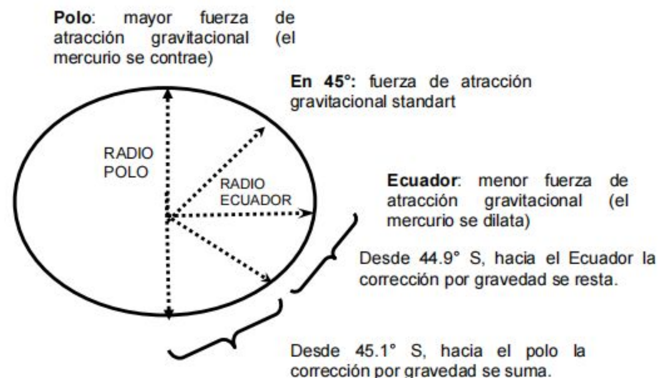


Figura 3.8: Corrección por gravedad



Reducción de la presión a nivel del mar

Al aplicar las correcciones descritas anteriormente, se obtiene el valor de la presión atmosférica a nivel de estación (P_z), por lo tanto es necesario calcular la presión atmosférica en un nivel de referencia o calcular la presión a nivel del mar (P_o) para comparaciones numéricas y para el pronóstico del tiempo.

Sabemos que a partir de la ecuación hidrostática e hipsométrica podemos deducir la ecuación de reducción de la presión a nivel del mar

$$P_0 = P_z \, e^{\int_{Z_0}^{Z} \frac{g\,dZ}{R\overline{T}}} \qquad \text{ó} \qquad P_0 = P_z \, e^{\left(\frac{g\,\Delta Z}{R_d\,\overline{T}}\right)} \qquad (3.1)$$

Donde:

Po = es la presión al nivel del mar (mb ó hPa)

Pz = es la presión a nivel de estación (mb ó hPa)

g = es la aceleración de la gravedad = 9,80667 m/s^2

Rd = es la constante del aire seco = 287,06 J/kg K

$\overline{T}$ = es la temperatura promedio de la capa atmosférica en estudio.
Δ Z = es la altitud de la estación (m)



TABLA I
Corrección por temperatura, latitud y altitud
Observatorio Alexander Von Humboldt
Universidad Nacional Agraria

Termómetro adjunto	Presión en milímetros				Termómetro adjunto	Presión en milímetros			
	735	740	745	750		735	740	745	750
15.0	3.40	3.41	3.42	3.43	22.0	4.24	4.25	4.27	4.29
15.2	3.42	3.43	3.45	3.46	22.2	4.26	4.27	4.30	4.31
15.4	3.44	3.46	3.47	3.48	22.4	4.28	4.30	4.32	4.33
15.6	3.47	3.48	3.49	3.51	22.6	4.31	4.32	4.34	4.36
15.8	3.49	3.50	3.52	3.53	22.8	4.33	4.35	4.37	4.38
16.0	3.52	3.53	3.54	3.56	23.0	4.36	4.37	4.39	4.41
16.2	3.54	3.55	3.57	3.58	23.2	4.38	4.39	4.42	4.43
16.4	3.56	3.58	3.59	3.60	22.4	4.40	4.42	4.44	4.46
16.6	3.59	3.60	3.62	3.63	22.6	4.43	4.44	4.46	4.48
16.8	3.61	3.63	3.64	3.65	22.8	4.45	4.47	4.49	4.50
17.0	3.64	3.65	3.66	3.68	24.0	4.48	4.49	4.51	4.53
17.2	3.66	3.67	3.69	3.70	24.2	4.50	4.51	454	4.55
17.4	3.68	3.70	3.71	3.73	24.4	4.52	4.54	4.56	4.58
17.6	3.71	3.72	3.74	3.75	24.6	4.55	4.56	4.59	4.60
17.8	3.73	3.75	3.76	3.77	24.8	4.57	4.59	4.61	4.63
18.0	3.76	3.77	3.78	3.80	25.0	4.60	4.61	4.64	4.65
18.2	3.78	3.79	3.81	3.82	25.2	4.62	4.63	4.66	4.67
18.4	3.80	3.82	3.83	3.85	25.4	4.64	4.66	4.68	4.70
18.6	3.83	3.84	3.86	3.87	25.6	4.67	4.68	4.71	4.72
18.8	3.85	3.87	3.88	3.90	25.8	4.69	4.71	4.73	4.75
19.0	3.88	3.89	3.91	3.92	26.0	4.71	4.73	4.76	4.77
19.2	3.90	3.91	3.93	3.94	26.2	4.74	4.75	4.78	4.80
19.4	3.92	3.94	3.96	3.97	26.4	4.76	4.78	4.80	4.82
19.6	3.95	3.96	3.98	3.99	26.6	4.79	4.80	4.83	4.84
19.8	3.97	3.99	4.00	4.02	26.8	4.81	4.82	4.85	4.87
20.0	4.00	4.01	4.03	4.04	27.0	4.83	4.85	4.88	4.89
20.2	4.02	4.03	4.05	4.07	27.2	4.85	4.87	4.91	4.91
20.4	4.04	4.06	4.08	4.09	27.4	4.88	4.89	4.93	4.94
20.6	4.07	4.08	4.10	4.12	27.6	4.90	4.91	4.96	4.96
20.8	4.09	4.11	4.12	4.14	27.8	4.92	4.94	4.98	4.99
21.0	4.12	4.13	4.15	4.16	28.0	4.95	4.96	5.00	5.01
21.2	4.14	4.15	4.17	4.19	28.2	4.97	4.99	5.03	5.03
21.4	4.16	4.18	4.20	4.21	28.4	5.00	5.01	5.05	5.06
21.6	4.19	4.20	4.21	4.24	28.6	5.02	5.03	5.08	5.08
22.8	4.21	4.23	4.25	4.26	28.8	5.04	5.06	5.10	5.11

Corrección de la gravedad por latitud (-1.72); altitud H + H' (- 0.055), incluyendo la corrección (+0.17) por la altura del menisco mercurial.

Nota:

- En la tabla I se ha incluido el valor sustractivo de los valores mostrados al pie de la misma
- La tabla I es válida únicamente para el Observatorio Alexander Von Humboldt.



Ejercicio

Si tenemos un barómetro mercurial en el observatorio AVH (La Molina) cuyas lecturas de los niveles de mercurio superior e inferior son:

$Z_2 =$ 790 mm Hg

$Z_1 =$ 48 mm Hg

Y la lectura del termómetro adjunto al barómetro es 17°C. Encontrar la presión atmosférica reducida al nivel del mar.

Considere:

ρ = densidad de Hg = 13 595 kg/m^3

g = aceleración gravedad= 9,806 m /s^2

Solución:

De acuerdo a la información proporcionada y considerando el principio físico de la lectura de un barómetro mercurial tenemos por la ecuación hidrostática:

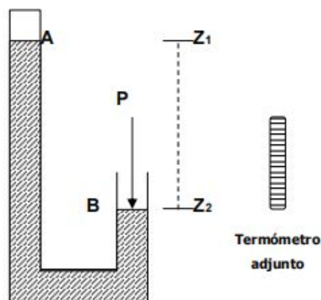


Figura 3.9: Tubo en "U" con mercurio

$p = -\rho\, g\, dZ$

$p = -\rho\, g\, (Z_2 - Z_1)$

Si : $Z_2 =$ 790 mm Hg

$Z_1 =$ 48 mm Hg

$\Delta Z =$ 742 mm Hg

Temperatura del termómetro adjunto : 17 °C

$\Delta Z' = \Delta Z - C$

$\Delta Z' = 742 - 3{,}65 = 738{,}35$ mm Hg

$\Delta Z'$ = lectura del nivel de mercurio corregida por temperatura, instrumental y gravedad.

ΔZ = lectura del nivel de mercurio sin corregir mmHg

C = factor de corrección, cuyo valor es obtenido de la tabla I.



Ejercicio

Si reemplazamos $\Delta Z'$,el valor de la densidad del Hg y la aceleración de la gravedad en la ecuación hidrostática, tenemos:

$$P = -\rho g \, dZ = 13\,595 \text{ kg/m3} \times 9{,}806 \text{ m/s}^2 \times 0{,}73835 \text{ m}$$

P_Z = 984,31 mb o hPa

P_Z es la presión atmosférica a nivel de estación corregida por temperatura, instrumental y gravedad. Para encontrar la presión atmosférica a nivel del mar debemos de reducir la presión P_Z, a nivel del mar, utilizando la ecuación 3.1, y considerando que la temperatura de la capa de atmósfera en estudio es de 21 °C , tenemos:

$$P_0 = P_z \, e^{\left(\frac{g \, \Delta Z}{R_d \, \overline{T}}\right)} = 984{,}31 \, e^{\frac{9{,}80667 m/s^2 \, (243{,}7 m)}{287{,}06 J/kg \, K \, (293K)}} = 984{,}31 e^{0{,}02843}$$

$$P_0 = 1012{,}7 \; mb$$

La presión atmosférica reducida al nivel del mar para la Molina es de 1012,7 mb o hPa.



V. CUESTIONARIO Nº 3

a) Mencionar los diferentes instrumentos de presión atmosférica que son usados en las estaciones meteorológicas.

b) ¿Cuál es la diferencia entre un barómetro patrón y un barómetro Fortín?

c) Mencionar los elementos sensibles y horas de observación para cada uno de los instrumentos que a continuación se mencionan.

Instrumento	**Elemento sensible**	**Hora de observación**
Barómetro Patrón		
Microbarógrafo		
Barómetro aneroide		
Barómetro Fortín		
Barógrafo		

d) Mencionar las correcciones que deben realizarse a un barómetro y porqué.

e) Revisar las ecuaciones y expresiones necesarias para encontrar la Tabla I.

f) Averiguar por qué a una latitud de 12 °S se utiliza un Microbarógrafo y a una latitud de 50°S se utiliza un barógrafo.



Universidad Nacional Agraria La Molina

Departamento de Física y Meteorología

Ingeniero Meteorólogo
Fernando Pastor
Contacto:
fpastor@lamolina.edu.pe